

Darner A. Mora Alvarado¹Horacio Chamizo García²Ana Mata Solano³

CÁNCER GÁSTRICO EN COSTA RICA: ¿EXISTE O NO RELACIÓN CON LA CLORACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO?

Resumen

El cáncer gástrico (CG) es el tumor maligno con mayor mortalidad en hombres en Costa Rica. En el caso de las mujeres ocupa el segundo lugar, después del cáncer de mama. Desde el punto de vista histológico, el CG se divide en dos tipos: el primero es el "difuso" y su etiología ha sido relacionada con factores genéticos. El segundo tipo es el "intestinal", vinculado con la exposición a cancerígenos ambientales como sustancias químicas tóxicas, altitud geográfica, edad, etc. En este sentido, algunos investigadores han estudiado las posibles relaciones de factores epidemiológicos y ecológicos, como las características físico-químicas de las aguas para consumo humano (ACH), los suelos, los plaguicidas usados en los cultivos, y la ingesta de cancerígenos en la leche como el *Pteridium aquilinum* (helecho macho). Con respecto al ACH, a partir de 1974, se ha relacionado la cloración del agua con la formación de subproductos de la desinfección como el cloroformo y el bromoformo, llamados trihalometanos, con potencial cancerígeno para favorecer la incidencia de CG en la población. Estos hechos, aunados al sensacionalismo periodístico han provocado inseguridad e incertidumbre entre la población consumidora de aguas sometidas a cloración. En razón de esto, se realizó un estudio exploratorio-epidemiológico-ecológico, con el objetivo de analizar si existe o no relación estadísticamente significativa entre la incidencia de CG y el consumo de agua clorada en Costa Rica. Para cumplir con este objetivo, se utilizaron los resultados de mortalidad por CG en 458 distritos (trienio 1999-2001) y los datos aportados por el Laboratorio Nacional de Aguas sobre el tipo de ACH (clorada o

no), la antigüedad de la desinfección y el origen de la fuente de agua (subterránea, superficial o mixta). En el análisis estadístico se usó el Índice de Mortalidad Estandarizado (IME) y el coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados demostraron que no existe relación entre la incidencia de CG y la cloración del ACH, incluida la antigüedad de la misma y el tipo de fuente de agua usada (subterránea y superficial).

Por último se recomienda realizar una campaña de divulgación por parte del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados como entidad rectora en el suministro de agua potable, con el propósito de eliminar la desconfianza de los usuarios en el consumo de ACH sometida a la cloración. Además, se debe promover la elaboración de estudios semejantes a éste con otro tipo de cánceres como el de vejiga y el colorrectal.

Palabras clave: Cáncer gástrico, exposición, cloración, mortalidad, incidencia, desinfección, Costa Rica.

Abstract

Gastric cancer (GC) is the leading cause of cancer-related mortality in Costa Rican males. After breast cancer, it is the second highest cause of cancer mortality in women in Costa Rica. From a histological

¹ MSc. en Salud Pública. Director del Laboratorio Nacional de Aguas. Telf: 279 - 6144. Fax: 279 - 5973. E-mail: dmora@aya.go.cr

² MSc. en Salud Pública. Profesor de la Escuela de Salud Pública de la UCR.

³ Licda. en Microbiología y Química Clínica del Laboratorio Nacional de Aguas.

point-of-view, GC is divided into two types: the first is the “diffuse” type and it has been related etiologically to genetic factors; the second type is the “intestinal” type and it has been linked to such environmental carcinogenic factors as: toxic chemical substances, geographic altitude and age. Along these lines, some researchers have studied possible relationships between epidemiological and ecological factors such as, for example, physico-chemical traits of water for human consumption (ACH), soils, pesticide use as well as carcinogen intake in milk such as *Pteridium aquilinum* (the so-called male fern). Regarding ACH, since 1974, water chlorination has been causally linked to formation of byproducts of disinfection like chloroform and bromoform, so-called trihalomethanes, which have a propensity for causing a higher incidence of GC in the population. These facts, along with media hype, have provoked uncertainty and doubts regarding the safety of chlorinated water among the public. With this background in mind, an exploratory-ecological epidemiological study was carried out with the explicit purpose of analyzing if there is or if there isn't a statistically significant link between the incidence of GC and the consumption of chlorinated water in Costa Rica. The analysis used the GC-mortality results in 458 districts during the years 1999 to 2002 and the data obtained from the National Water Laboratory on the type of water (chlorinated or not), the number of years of disinfection and the source of the water (underground, surface or mixed). For the statistical analysis, a Standardized Mortality Index (IME) and the Pearson correlation coefficient were used. Results showed no relationship between incidence of GC and the chlorination of water for human consumption (ACH), even after taking into account the number of years of chlorination and also the type of water source used (underground or superficial).

Lastly, it is recommended that the Costa Rican Institute of Waters and Sewer Systems (A y A) as the leading supplier of drinking water, carry out an educational campaign with the purpose of reducing the lack of user confidence in the consumption of chlorinated ACH. Besides, A y A must promote the study of the relationship of ACH with other types of cancer such as bladder and colorectal cancer.

Key words: Stomach cancer, gastric cancer, exposure, chlorination, incidence, disinfection, Costa Rica.

Introducción

Durante los últimos 100 años, la cloración del agua para consumo humano (ACH) ha sido la piedra angular de los programas de salud pública en el contexto mundial⁽¹⁾. El tratamiento convencional (sedimentación-

filtración) y la desinfección con cloro del ACH fueron responsables de gran parte del 50% de aumento de expectativa de vida en los países desarrollados durante el siglo XX⁽²⁾. Esta práctica generalizada, que causa alteraciones físicas, químicas y bioquímicas de la pared celular, y rompe la pared y la membrana celular liberando ácidos nucleicos, proteínas y potasio, además de afectar el proceso de respiración celular y el transporte activo de la célula, ha tenido un impacto positivo en la salud humana, mediante la reducción de las enfermedades de origen hídrico⁽³⁾. A nivel mundial la cloración mundial empezó en los primeros años del siglo XX. Sin embargo, fue el Doctor Ignaz Semmelweis, en 1847, quien introdujo el uso del agua clorada mientras trabajaba en un hospital de Viena, con el objetivo de que los médicos se lavaran las manos con agua clorada para evitar la transmisión de la fiebre puerperal en las mujeres parturientas⁽⁴⁾. Luego, en 1881, el Doctor Robert Koch demostró, bajo condiciones controladas de laboratorio, la efectividad del hipoclorito (lejía) en la destrucción de cultivos puros de bacterias⁽⁵⁾.

Hasta 1974 las preocupaciones de los ingenieros sanitarios en materia de cloración, estuvieron centradas en cómo hacerla más eficiente y generalizar su aplicación en los países en desarrollo. Sin embargo, a partir de 1974 el enfoque cambió radicalmente por el descubrimiento de los trihalometanos, como subproducto de la cloración de aguas con exceso de sustancia húmicas y fúlvicas. La preocupación por la cancerogenicidad de estos compuestos abrió la puerta a varias investigaciones, enfocadas en evaluar los posibles efectos del uso de ACH clorada sobre la salud de los seres humanos. Los resultados han sido inciertos y poco concluyentes, pero el daño sobre la buena reputación del cloro como desinfectante en el agua ha sufrido, en las últimas cuatro décadas, un serio deterioro, causando en las poblaciones incertidumbre e inseguridad en el consumo de agua potable. Ante esta situación y debido al inicio de la epidemia de cólera en América Latina en 1991, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en conjunto con el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI), realizaron el “Simposio regional sobre la calidad del agua: ponderación de riesgos microbiológicos contra los riesgos de la desinfección química”⁽⁶⁾, celebrado en Buenos Aires, Argentina en 1994. En este evento se concluyó que *“los funcionarios de los países de América Latina y el Caribe no deben nunca, en ninguna circunstancia, abandonar la desinfección o ponerla en peligro, como modo de controlar la formación de subproductos derivados de ella. Una desinfección continua, efectiva y confiable, debe tener prioridad para siempre”*.

En Costa Rica el uso de cloro como desinfectante del agua empezó en 1940 y actualmente al 75% de la población se le suministra ACH con cloro⁽⁷⁾. No obstante, diferentes medios de información por internet y algunas empresas competidoras del cloro han cuestionado su uso, aduciendo una relación entre el consumo de agua clorada y la incidencia de cáncer gástrico (CG). En razón de estos cuestionamientos se presenta esta investigación con el objetivo de determinar si existe o no relación entre la incidencia de CG y el consumo de agua sometida a desinfección mediante cloro por distrito en Costa Rica, mediante la realización de un estudio exploratorio-ecológico, con el propósito de aclarar ante la ciudadanía la realidad sobre el tema en mención.

Materiales y métodos

Para cumplir con los objetivos antes mencionados, se siguieron los siguientes pasos:

1. Identificación del tipo de investigación

Se ha estructurado un estudio epidemiológico de tipo exploratorio ecológico con fundamento espacial (distritos como zonas geográficas); es decir, se utilizaron los índices de mortalidad estandarizados (IME) de CG por distritos, en el trienio 1999-2001, y su posible relación con un factor de riesgo como es la desinfección química del agua mediante la cloración del ACH suministrada en cada distrito.

2. Cálculo de la incidencia de CG

Para calcular los casos esperados, los casos observados y al CG por distrito en el trienio de 1999 al 2001, se utilizó la información disponible del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), del Centro Centroamericano y de Población (CCP- UCR) y del Registro Nacional de Tumores del Ministerio de Salud⁽⁸⁾

3. Determinación del tipo de ACH abastecida en cada distrito

Los datos para inventariar el tipo de cloración del ACH usado en cada distrito (si es o era clorado o no), la antigüedad de la valoración y el tipo de fuente usada por cada uno de los acueductos que abastecen a cada distrito, se determinaron mediante los datos históricos del Laboratorio Nacional de Aguas.

4. Planteamiento del problema de la investigación

El problema de la investigación fue planteado de la

siguiente forma: “Existe incertidumbre entre la población costarricense sobre si la desinfección del ACH mediante el uso del cloro es o no factor de riesgo para padecer CG”

5. Planteamiento de la hipótesis de estudio

5.1 Hipótesis del estudio

La hipótesis de estudio se definió de la siguiente manera: “El consumo prolongado de ACH sometida a desinfección por cloro es un factor de riesgo para padecer CG en la población”.

5.2 Hipótesis alternativa

“El consumo prolongado de ACH sometida a desinfección por cloro no tiene relación con la incidencia de CG por distrito en Costa Rica”.

6. Análisis estadístico entre los IME de CG y la desinfección por cloración del agua

Para mejor entendimiento del lector, a continuación se plantean algunos elementos explicativos de la pertinencia y validez de este tipo de diseño ecológico, para responder a las necesidades de la comprobación o rechazo de la hipótesis de estudio.

6.1 Fortalezas de los estudios ecológicos

- **Se necesita un resultado rápido y poco costoso:** Los estudios ecológicos utilizan información secundaria lo que disminuye el tiempo y los costos asociados a la producción y procesamiento de información primaria.
- **Existe información secundaria accesible:** Existen registros accesibles sobre morbilidad en la CCSS y sobre datos demográficos y mortalidad en el caso del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
- **Validez del diseño:** El tipo de diseño ecológico es el más válido cuando se trata de contextualizar el perfil epidemiológico y las necesidades de salud, ya que considera como unidades de análisis de los espacios geográficos poblaciones y no los individuos.
- **Validez de la información:** No se consideran muestras, sino la totalidad de la población agrupada por áreas geográficas, lo que significa la eliminación de los errores aleatorios y de muestreo. Se trabaja sobre todo con información oficial, la que ha estado

sometida a los procedimientos institucionales de control de calidad, además de constituir registros de información consolidados y procesos establecidos desde hace muchos años.

6.2 Limitaciones o debilidades de los estudios ecológicos

Los principales problemas de validez de los resultados que se esperan a partir de este tipo de diseño son el sesgo de la falacia ecológica, y los posibles sesgos asociados de la información registrada.

La falacia ecológica es el error que se comete cuando se pretende transferir conclusiones obtenidas a nivel agregado poblacional hacia el nivel individual. Sin embargo, es importante aclarar que ese no es el propósito de esta investigación, sino la contextualización del perfil epidemiológico a partir de su diferenciación geográfica poblacional. Es decir, cualquier recomendación se aplicará en el marco territorial (distritos o cantones) de la salud colectiva y no individual.

Los posibles sesgos asociados a la información registrada tienen que ver con el subregistro o subdiagnóstico de casos. Además, en algunos acueductos existen dudas de la antigüedad de la cloración del agua. Por otro lado, el diseño ecológico no brinda información sobre la distribución conjunta de la variable incidencia y las variables de exposición. Esto quiere decir, por ejemplo, que la estadística sobre enfermedades se agrupa a nivel de distritos, pero la información ambiental socioeconómica, ambiental y demográfica al interior de cada distrito es heterogénea.

Por último, el análisis de correlación en estudios ecológicos depende del número de unidades espaciales que se tengan, pero esto no depende ni puede ser controlado por el analista.

Los sesgos mencionados limitan los resultados del estudio, sobre todo si se encuentra una correlación positiva entre la enfermedad y el posible factor de riesgo, razón para tomar los resultados como hipótesis para ser estudiadas en investigaciones epidemiológicas más profundas. Sin embargo, si los resultados indican la no existencia de correlación entre ambas variables, permiten "cerrar la puerta" para no continuar vinculando al posible factor de riesgo con la patología estudiada.

6.3 Riesgo relativo estandarizado

Para establecer el análisis estadístico, se trabajó

con tres fuentes de información a nivel de distritos, la cual fue la unidad de observación y análisis utilizada:

- Datos de población según grupos de edades quinquenales correspondientes a proyecciones de población.
- Datos de defunciones por CG correspondientes al trienio 1999-2001 (último trienio consolidado disponible digitalmente).
- Datos sobre los acueductos con o sin cloración que abastecen a los distritos estudiados, aportados por el Laboratorio Nacional de Aguas, además de la clasificación del tipo de fuente de agua (superficial, subterránea o mixta).

El conocimiento de la estructura por edades de la población permitió la concentración de indicadores de morbilidad y mortalidad estandarizados por edad con el método indirecto. Estos son indicadores de mayor validez para el análisis comparativo entre áreas de salud, ya que la estructura por edades puede enmascarar los efectos que tienen el contexto socioeconómico y ambiental en el perfil epidemiológico y las necesidades de salud (efecto de confusión). A partir de esta información, se contó también con estimadores de riesgo relativo puntuales y por intervalos (estandarizados), lo que facilitó el análisis comparativo entre unidades geográficas y temporales (conglomerados). Los métodos de estandarización de tasas han sido aplicados tradicionalmente en estudios evolutivos de la mortalidad y la comparación de áreas geográficas⁽⁹⁾.

El indicador de riesgo relativo estandarizado que se utiliza en el análisis es el IME (Indicador de Mortalidad / Morbilidad Estandarizado) o Standardized Mortality Ratio (SMR), el cual es un método estandarizado indirecto. Este procedimiento es muy utilizado en investigaciones epidemiológicas cuya equivalencia empírica a la estandarización es reconocida^(10, 11 y 12), especialmente cuando se trabaja con números pequeños debido a que disminuye la variabilidad de los resultados sobre riesgo relativo. Además, se ha considerado muy relevante el concepto de error estándar en el análisis ecológico. Una limitación de los métodos de estandarización se produce cuando se trabaja con números reducidos, muy propio de las áreas pequeñas de análisis espacial. En este caso los datos son poco estables, presenta variabilidad elevada. Esto significa que aun cuando se trabaja con probabilidades, es difícil comparar tasas de poblaciones cuyo tamaño difiere, ya que no serían igualmente estables.

Para facilitar el análisis, se ha utilizado el coeficien-

te de correlación de Pearson que permite explorar asociaciones lineales entre variables medidas en escalas continuas como es el riesgo de morir por CG y el tiempo de antigüedad de la cloración según distritos.

En concreto, para analizar la correlación entre la incidencia de CG y la cloración del agua por distrito se utilizó el IME (Índice de Mortalidad/ Morbilidad estandarizado). Para explorar las asociaciones entre la antigüedad de la cloración se utilizó el Coeficiente de Pearson.

Resultados

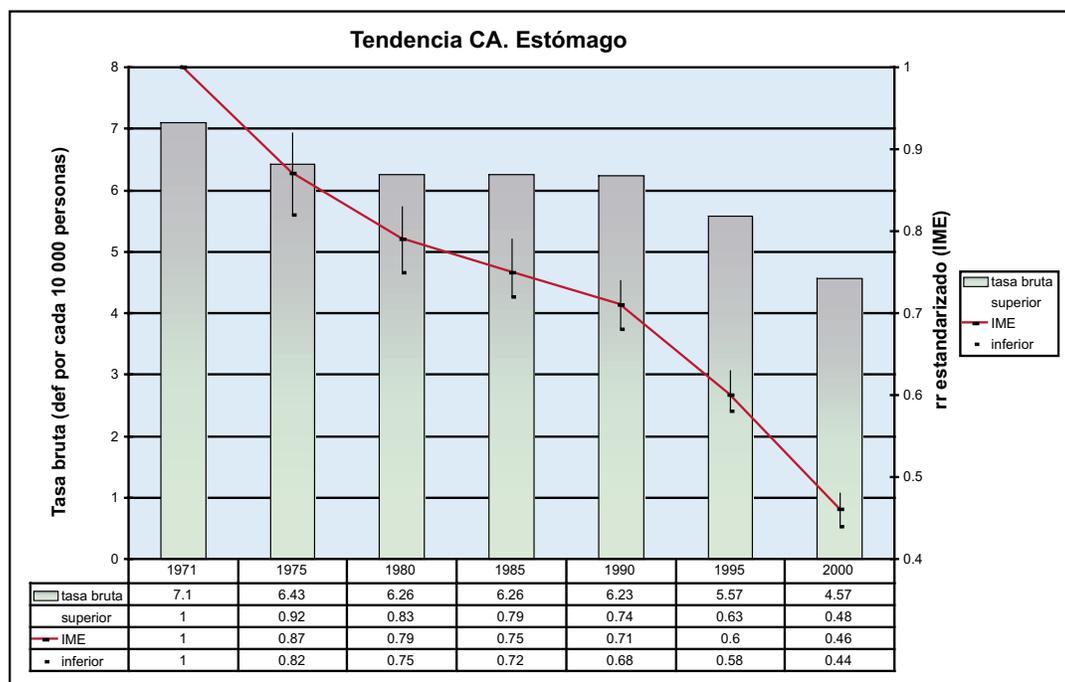
Antes de iniciar la exposición de los resultados de la presente investigación es importante aclarar varios aspectos y antecedentes del CG en Costa Rica. Empezaremos por indicar que este tumor maligno es la principal causa de muerte por cáncer en los hombres y el segundo en las mujeres⁽¹³⁾. Desde el punto de vista histológico del CG, se divide en dos tipos. El primero es el tipo “difuso”, el cual se ha vinculado su causalidad con una predisposición genética del paciente. El segundo tipo es el tipo “intestinal”, relacionado con la exposición a cancerígenos ambientales (dieta, edad,

zonas geográficas, etc.)⁽¹⁴⁾. En este sentido, algunos investigadores han abordado diferentes aspectos epidemiológicos y ecológicos como son las características químicas de los suelos, los alimentos y el agua para consumo (dureza, pH, nitratos y trihalometanos)^(15, 16, 17, 18 y 19). Además en 1985, una publicación relacionó al *Pteridium aquilinum* (helecho macho) como un factor de riesgo para padecer CG⁽²⁰⁾. Por otro lado, en los últimos 20 años se ha vinculado a la bacteria *Helicobacter pylori* con la causalidad de gastritis crónica y úlcera atrófica, precursoras ambas del CG^(21, 22, 23, 24 y 25). Una investigación sobre la “Evolución de algunos aspectos epidemiológicos y ecológicos del CG en Costa Rica”⁽²⁶⁾ fue publicada por los autores en el año 2003. Sin embargo, a pesar de tantos estudios, esta investigación es la primera en el país en la que se realiza un estudio exploratorio, sobre la incidencia de cáncer gástrico y la cloración del ACH en Costa Rica.

1. Cáncer gástrico en Costa Rica

El gráfico 1 muestra la disminución sostenida del riesgo bruto de morir por cáncer de estómago y el riesgo relativo estandarizado por edad al comparar cada uno de los trienios en el período 1970-1972.

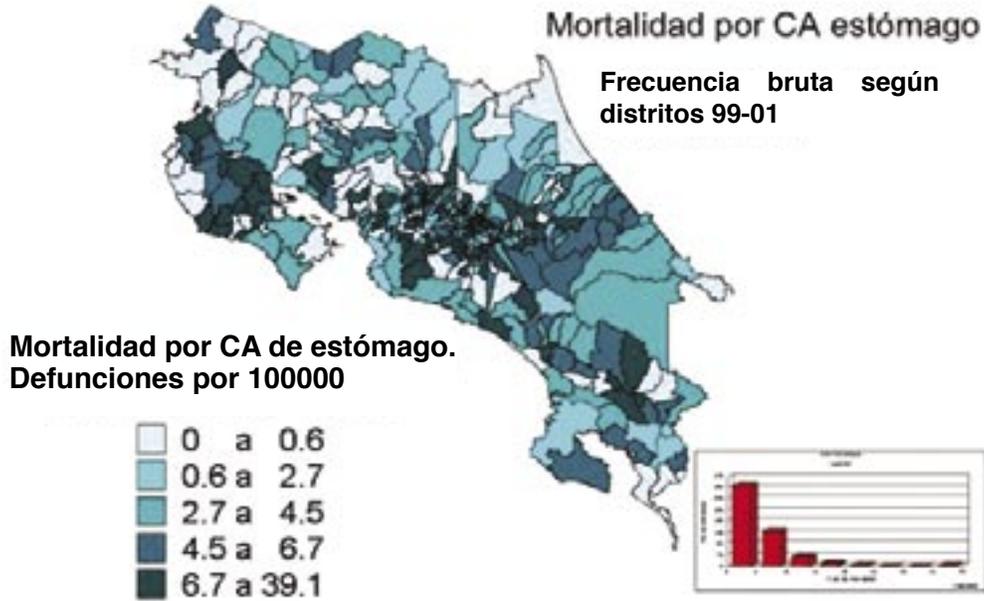
Gráfico 1
Mortalidad por cáncer gástrico: 1971-2000.



Fuente: Elaboración Propia

El patrón espacial de la enfermedad se muestra en el cartograma o mapa 1 que representa la mortalidad bruta.

Mapa 1
Mortalidad por cáncer gástrico: 1999-2001

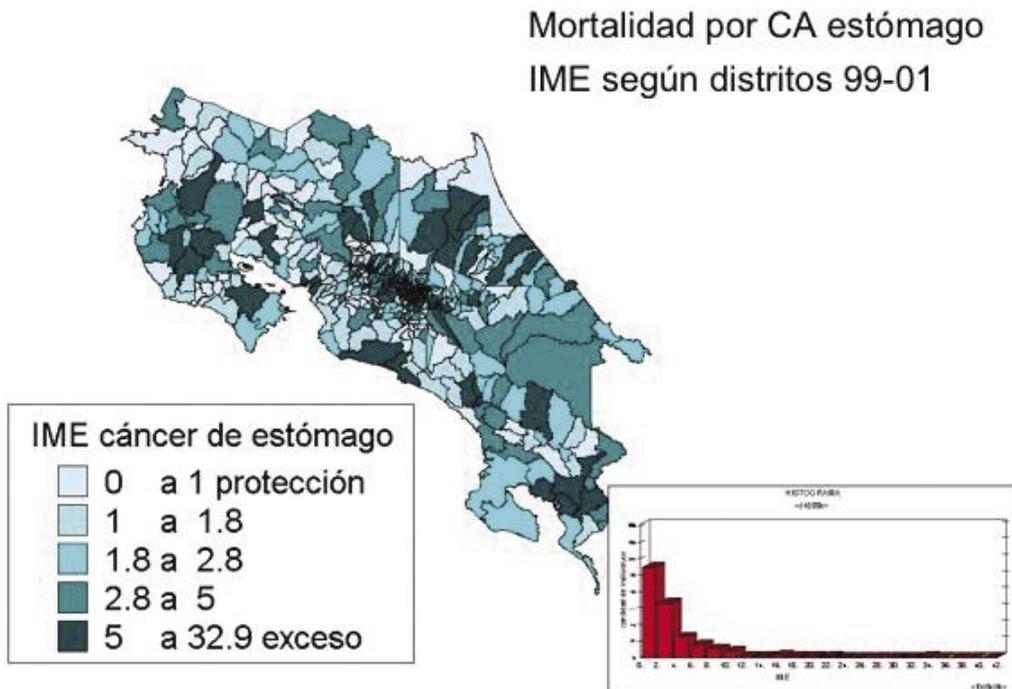


Fuente: Elaboración propia

El patrón espacial del riesgo de morir de cáncer de

estómago estandarizado por edad se muestra en el mapa 2.

Mapa 2
Riesgo de mortalidad por cáncer gástrico estandarizado por edad



Fuente: Elaboración propia

2. Inventario de acueductos de acuerdo con la cloración, antigüedad de la desinfección y tipo de agua

Para efectos prácticos en el cuadro 1 se presenta en forma parcial, a manera de ejemplo, un resumen

de algunos distritos, con el total de casos esperados y observados de CG; además de la mortalidad bruta, el Índice de Mortalidad/ Morbilidad estandarizado (IME rr estándar), la cloración, la antigüedad de la misma y el origen o tipo de fuente de agua.

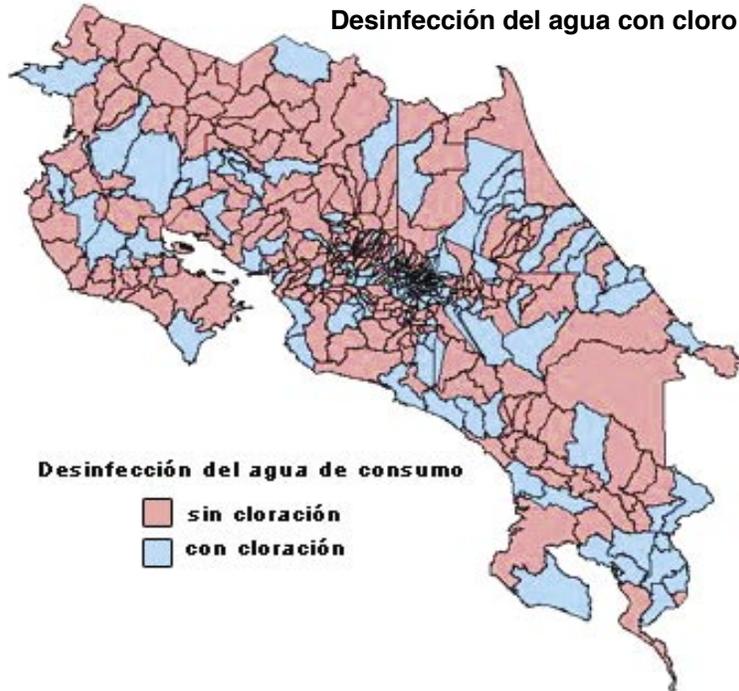
Cuadro 1

Resumen por distritos de los índices de mortalidad estandarizados de cáncer gástrico vs. cloración y origen del agua de las fuentes de abastecimiento de los diferentes acueductos 1999 a 2001

Cuadro 1. Resumen por distritos de los índices de mortalidad estandarizados de cáncer gástrico vs. cloración y origen del agua de las fuentes de abastecimiento de los diferentes acueductos 1999 a 2001										
Distrito	Total casos esperados	Casos observados	IME rr estándar	Lím superior	Lím inferior	Mortalidad bruta	Cloración	Antigüedad de cloración años	Origen del agua (%)	
									Superficial	Subterránea
10101: Carmen	6	13	2.17	3.34	0.99	37.93	Sí	60	100	
10102: Merced	11.41	10	0.88	1.42	0.33	7.17	Sí	60	100	
10103: Hospital	16.63	24	1.44	2.02	0.87	9.63	Sí	60	100	
10104: Catedral	16.93	13	0.77	1.19	0.35	8.27	Sí	60	100	
10105: Zapote	17.23	19	1.1	1.6	0.61	8.92	Sí	60	100	
10106: San Francisco de Dos Ríos	14.92	7	0.47	0.82	0.12	3.14	Sí	60	100	
10107: Uruca	9.68	7	0.72	1.26	0.19	2.5	Sí	60		100
10108: Mata Redonda	8.82	7	0.79	1.38	0.21	7.32	Sí	60		100
10109: Pavas	32.8	25	0.76	1.06	0.46	3.19	Sí	60		100
10110: Hatillo	32.81	24	0.73	1.02	0.44	4.25	Sí	60	100	

En el mapa 3, se observan los distritos que se abastecen de ACH con o sin desinfección por cloro.

Mapa 3
Desinfección del agua con cloro por distrito de Costa Rica



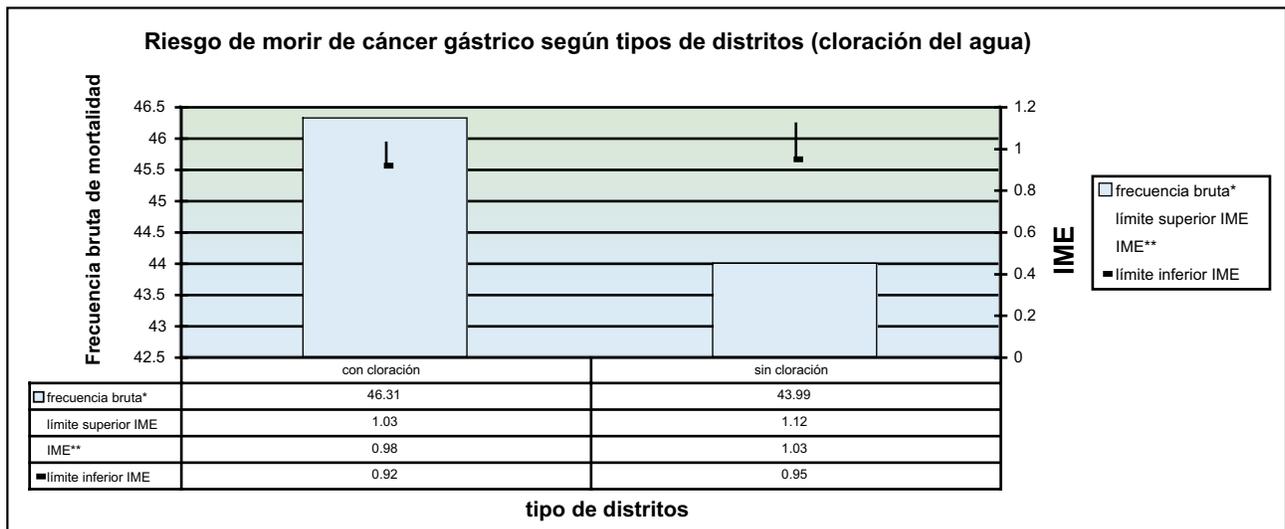
Fuente: Elaboración Propia

3. Datos estadísticos de cáncer gástrico versus cloración del agua: antigüedad de la desinfección y tipo de fuente

de morir de cáncer gástrico según tipos de distritos, los que presentan procesos de cloración del agua y los que no lo presentan:

En el gráfico 2 se comparan los datos de frecuencia

Gráfico 2

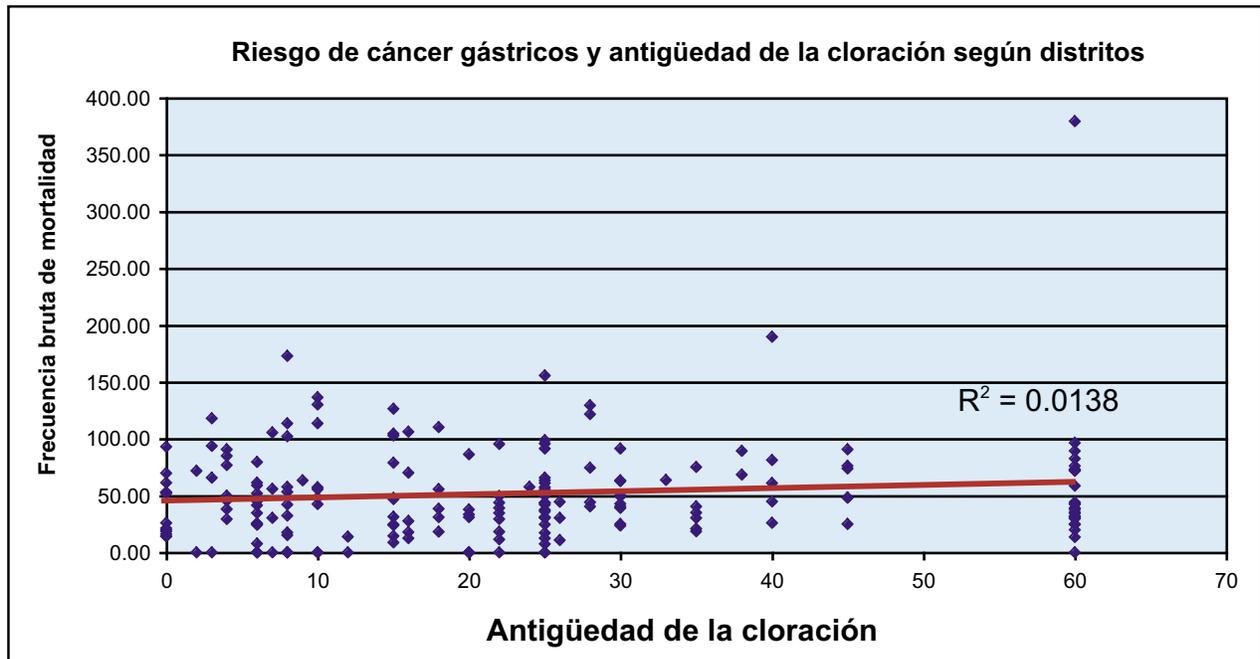


Fuente: Elaboración propia

El análisis de correlación lineal entre la antigüedad de la cloración y el riesgo de morir por CG se presenta

a través del gráfico 3.

Gráfico 3

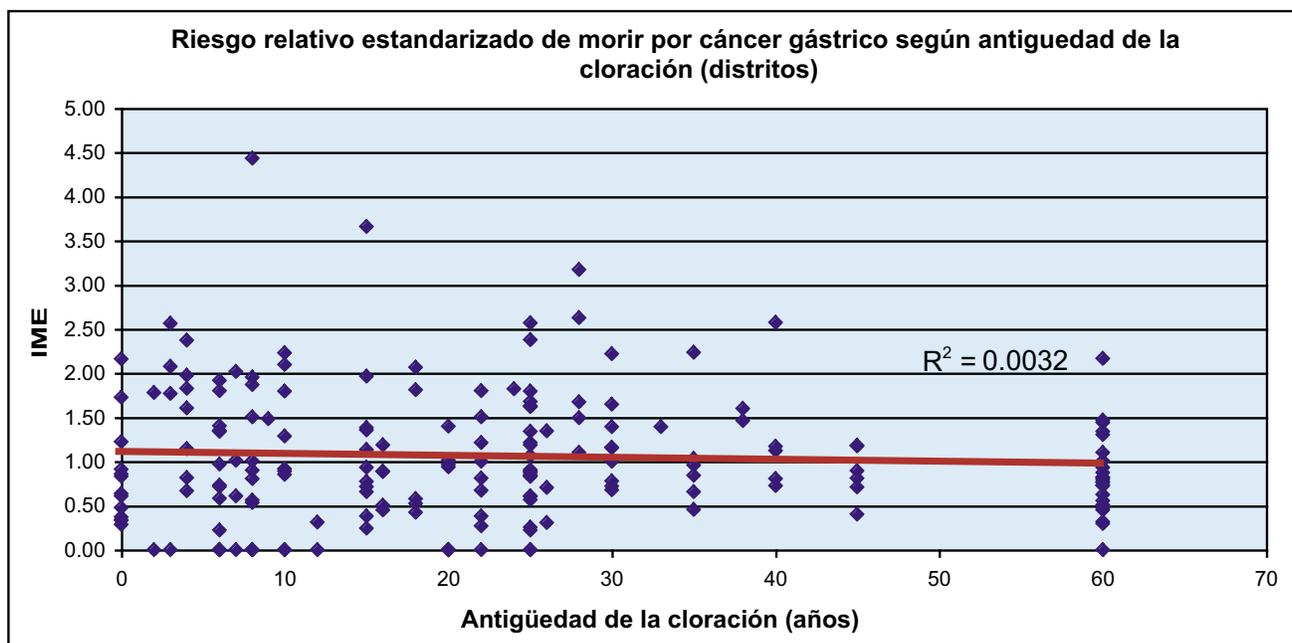


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 4, se permite corroborar el nivel de correlación entre la antigüedad de la cloración del agua

y el riesgo relativo de morir por cáncer de estómago, estandarizado por la edad.

Gráfico 4

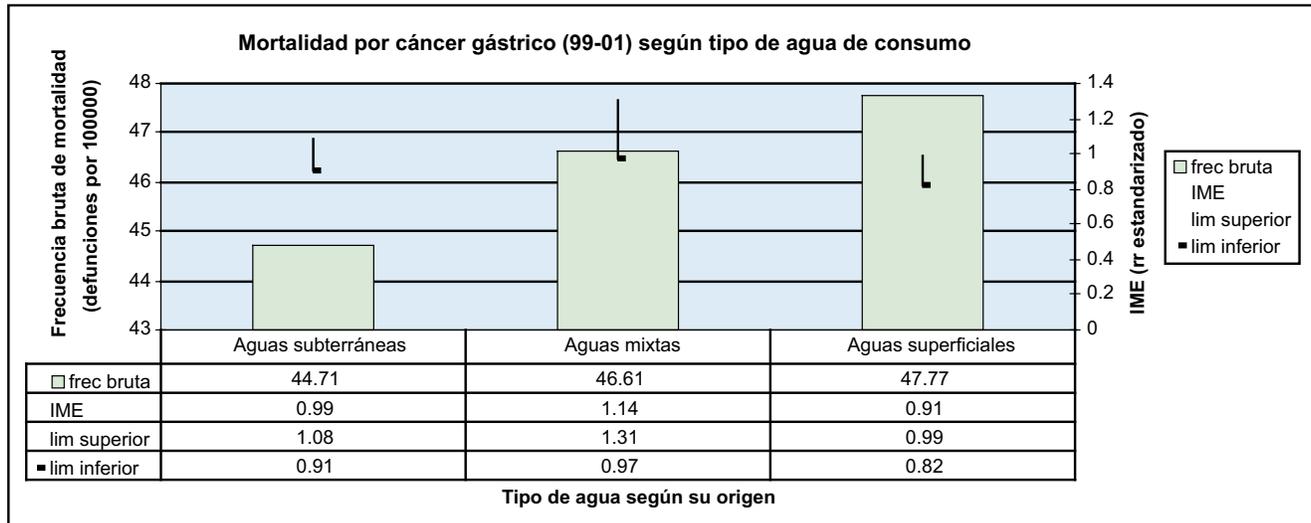


Fuente: Elaboración propia

Respecto al efecto riesgoso que puede presentar el agua clorada de acuerdo al contenido en materia

orgánica, se presenta el siguiente gráfico 5.

Gráfico 5



Fuente: Elaboración propia

Discusión

1. Tendencia de la mortalidad por cáncer gástrico en Costa Rica 1971-2000

Al analizar el riesgo bruto de morir por CG, en el gráfico 1 se identifican al menos dos etapas: la primera que se verifica desde el inicio del período hasta 1990 en la que se produce una disminución menos acelerada que la que se verifica posteriormente. La tendencia a la disminución del riesgo de morir es más fuerte cuando se estandariza por edad; aunque en la década de los noventa sigue siendo aun más marcada. Es posible que el proceso de envejecimiento de la población oculte parcialmente la tendencia a la disminución de la prevalencia que tienen otros determinantes o tal vez la efectividad en la gestión de las políticas de salud.

2. Mortalidad bruta por cáncer gástrico: 1999-2001

El mapa 1 muestra conglomerados espaciales localizados hacia el centro del país, desde el valle central siguiendo la dirección oeste hacia la zona del Caribe. Esta es la zona más importante de alta probabilidad bruta de morir de cáncer, pero no es la única. Se aprecian otros conglomerados hacia el norte de la península de Nicoya y también hacia el Pacífico sur. Cabe resaltar la situación de los distritos del Valle Central con valores que superan casi siempre las 4,5 defunciones por 100000 personas en el período de tres años (1999-2001). Las probabilidades más bajas se concentran al

norte del Valle Central en una zona que se extiende hasta la frontera norte con Nicaragua, como se aprecia en el mapa 1. Esta zona de baja probabilidad se extiende de oeste a este, estructurando al país en dos zonas, la norte de baja probabilidad de morir y la sur con probabilidades muy altas.

3. Riesgo de morir por cáncer gástrico en Costa Rica: 1999-2001

El patrón espacial del indicador de mortalidad refinado cambia considerablemente respecto a lo presentado en el mapa 1. Se advierte un conglomerado de alto riesgo, muy por encima del promedio nacional localizado en el Valle Central. Las otras dos zonas de alto riesgo se localizan al noreste y al noroeste en el Caribe y el Pacífico al norte de la península de Nicoya. En el mapa 2 ya no es tan clara la diferencia norte-sur que manifiesta la frecuencia bruta.

4. Análisis estadísticos de cáncer gástrico versus cloración del agua

El porcentaje de distritos con acueductos sometidos a cloración es de 43%, mientras que los distritos con acueductos no clorados representan el 57%, de acuerdo al mapa 3. La frecuencia bruta de mortalidad es ligeramente superior en el grupo de distritos que presentan cloración del ACH respecto a aquellos que no han desarrollado este proceso. Sin embargo, se trata de un dato sesgado por la estructura etaria de la población, razón por la que

se han calculado e incorporado en el análisis los datos estandarizado por edad del riesgo relativo.

Cuando se analizan los datos estandarizados por edad no se aprecia una tendencia similar a la descrita en el párrafo anterior, sino que ésta se invierte. La población de los distritos que presentan cloración del agua tiene menos probabilidad de morir que la población promedio nacional (2% de protección), en tanto la población que habita los distritos que no presentan cloración del agua se encuentra en exceso de riesgo de morir por esta causa (3% en exceso). Esto significa que el exceso de riesgo de morir de la población que no se expone a la cloración respecto a la que se expone a este proceso de desinfección del agua de consumo fue aproximadamente del 5%. Las diferentes tendencias que se describen, de acuerdo al carácter estandarizado o no de los indicadores de riesgo, se deben a que al parecer la población que habita en los distritos que no reciben cloración es mucho más joven que la población que habita los distritos que sí reciben cloración. Las diferencias en la estructura etaria determinan un cruce importante en las tendencias observadas, confirmando que cuando se analizan datos epidemiológicos se debe controlar el peso que tiene la edad en los indicadores de efecto, o en todo caso, explicar lo que sucede en estratos de población según grupos de edades.

Se advierte sin embargo que no existe suficiente aval estadístico para argumentar estas diferencias desde el punto de vista de las fluctuaciones aleatorias de los valores. El comportamiento de los intervalos de confianza del riesgo relativo estandarizado por edad al 95% evidencia solapamiento. Se sugiere entonces no defender a este nivel de análisis, la hipótesis de que el cloro aplicado como desinfección del agua está asociado con el riesgo de morir por cáncer de estómago. Se establece un sistema de coordenadas entre ambas variables, localizando a los distritos entre ambos ejes, los que conforman una "nube" de puntos, como se aprecia en el gráfico 3. Se presenta en el eje de las X la antigüedad de la cloración y en el de las Y la frecuencia bruta de mortalidad. El valor del coeficiente de correlación de Pearson y la pendiente de la recta evidencia que no existe correlación lineal; esto quiere decir que la antigüedad de cloración por territorios no explica suficientemente las variaciones espaciales del riesgo bruto de enfermar.

El gráfico 4 evidencia de igual forma la tendencia que se ha descrito de no correlación entre las dos variables. Es decir, el valor del coeficiente de correlación de Pearson y la pendiente de la recta evidencian que no existe correlación lineal. La antigüedad de cloración del agua de consumo humano no está explicando las variaciones espaciales en la probabilidad de morir por

cáncer de estómago. La estandarización del riesgo relativo de morir no aporta elementos explicativos adicionales, es decir, no se incrementa el coeficiente de Pearson. Esto quiere decir que no se confirma la hipótesis de que la exposición al cloro en el agua de consumo explica el riesgo de morir por cáncer.

En el gráfico 5 se muestra en el eje de las X el nivel de exposición a subproductos cancerígenos de la cloración (indicado de manera indirecta a partir del origen del agua) y una doble escala en las Y; a la izquierda la frecuencia bruta de mortalidad por cáncer y a la derecha el riesgo relativo de mortalidad refinado (estandarizado por edad). El mismo muestra una tendencia al incremento del riesgo en la medida que el agua de consumo pasa del origen subterráneo (con menor contenido de materia orgánica) al origen superficial (con mayor contenido de materia orgánica). En efecto, la frecuencia bruta de mortalidad por cáncer de estómago se incrementa ligeramente de 44.71 defunciones por cada 100000 personas a 47.77 defunciones por cada 100000 personas. Se aprecia un incremento sostenido, con una pendiente positiva al incremento de la mortalidad por cáncer, en la medida que se supone un incremento de la materia orgánica del agua clorada. Sin embargo, esta tendencia cambia de pendiente cuando se considera la escala de la derecha correspondiente al riesgo relativo estandarizado. En la medida que se pasa del agua subterránea a la de origen superficial, el riesgo de morir por cáncer de estómago disminuye con significación estadística. Esto significa que las personas que se exponen a la cloración de aguas de origen superficial presentan menos riesgos y se protegen de morir por cáncer de estómago respecto al promedio de la población. La protección es del 9% menos probabilidad de morir.

Los indicadores de riesgo utilizado muestran tendencias contrarias, lo que se considera lógico como ya se había explicado. El cruce de tendencias revela que el ligero incremento de la probabilidad de morir de la población que se expone al agua clorada de origen superficial, no se le puede atribuir a que ésta sea peligrosa para la salud, sino al hecho de que es una población más envejecida y por lo tanto más vulnerable desde el punto de vista etario. De manera que no se puede sostener la hipótesis de que el agua clorada de origen superficial, supuestamente con mayor contenido de materia orgánica y por lo tanto con mayor carga de trihalometanos, signifique un exceso de riesgo de mortalidad por CGr en la población expuesta.

5. Conclusiones

- Los distritos con mayor índice de mortalidad estandarizado por CG son: Aguas Zarcas de San Carlos

(IMR:24), San Pedro de Turruabares (IMR:5.93), Santa Rosa de Oreamuno (IMR: 5.66), Patio de Agua de El Guarco (IMR: 4.90), Llano Bonito de León Cortés (IMR: 4.74), Frailes de Desamparados (IMR: 4.65), San Cristobal de Desamparados (IMR: 4.43), Tres Equis de Turrialba (IMR: 4.38), Peralta de Turrialba (IMR: 4.09) y Platanares de Pérez Zeledón (IMR:3.91).

- No se ha encontrado asociación entre la desinfección del agua con cloro y el riesgo de morir por cáncer gástrico. Este planteamiento es consistente cuando se estandariza por edad y además cuando se incluye en el análisis los datos de antigüedad en la cloración del agua.
- No se ha encontrado asociación entre la exposición al agua clorada dependiendo de su origen (superficial o subterráneo) como indicador indirecto del contenido de materia orgánica y de los subproductos de la cloración cancerígenos, y el riesgo de morir por cáncer gástrico.

6. Recomendaciones

A la luz de estas conclusiones se recomienda:

- Realizar estudios usando esta misma metodología relacionando el consumo de agua clorada con otro tipo de cánceres: vejiga y colorrectal.
- Realizar estudios sobre el contenido de trihalometanos en las ACH cloradas en Costa Rica.
- El AyA como ente rector en el suministro de agua potable en el país, debe divulgar los resultados de esta investigación con el objetivo de disminuir la incertidumbre creada entre la población para el consumo de agua elevada.

Referencias bibliográficas

1. Gunter F. Craun, Castro Rosario. **La calidad del agua potable en América Latina: ponderación de riesgos microbiológicos contra los riesgos de los subproductos de la desinfección química.** Washington, D.C: OMS, OPS, ILSI; 1996.
2. Keith A. Christman. **Calidad del agua: desinfección efectiva.** Arlington, VA, EUA. Consejo de Química del Cloro: 3A: 3P.
3. White, G.C. **The handbook of chloration.** 2 da Edición. New York: Von Norstrand Reinhold; 1996
4. Semmelweis Ignaz. **Etiología, concepto y profilaxis de la fiebre puerperal: En Budkarcyl y Colaboradores. El desafío de la Epidemiología, Problemas y Lecturas seleccionadas.** Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C; 1991: p. 47-62
5. American Water Work Association: **Water quality desinfection committe.** State of the Art Ropod, Denal; 1991.
6. Craun. G. F. y colaboradores en **Water quality in Latin América: balancing the microbiol and chemical risk in drinking water desinfección.** Regional Simposion on Water Quaty. Argentina.

1994. Washington, DC; International Life Sciences Institute; 1996
7. Mora Damer, Portuguez Felipe. **Situación de cobertura y calidad del agua para consumo humano en Costa Rica al año 2004.** La Unión, Cartago, Informe del Laboratorio Nacional de Aguas; 2005.
8. Registro Nacional de Tumores, Ministerio de Salud. **Datos anuales de la incidencia de cáncer gástrico por distritos 1999 a 2001.** San José 2005: SP.
9. Benach J, Yutaka Yasui, et al. **Atlas de mortalidad de España en área pequeñas (1987-1995).** Cataluña, Universitat Pompeu Fabra; 2001
10. Cartier V, Morris R. **Deprivation and health in Scotland.** Aberdeen University Press. 1991
11. Benach J, Borrell C, García MD, Chamizo H. **Desigualdades sociales en mortalidad en áreas pequeñas de España.** SESPAS. Informe 1998. Sociedad Española de Salud Publica y Administración Sanitaria. Granada; 1998: 141-175
12. Breslow en Day NE, **Statidistical metods in cancer research Vol II.** The desiny and analyses of cohort studies. Lyon. Scientific Publication No 82. IARC; 1987.
13. Ministerio de Salud, Costa Rica. **Memoria institucional, administración 2004-2005.** San José, Costa Rica; 2005.
14. Jaramillo Antillon J. **Cáncer Gástrico.** 1º Ed San Pedro. Universidad de Costa Rica; 1988.
15. Sierra Rafaela, Barrantes Ramiro. **Aspectos ecológicos del cáncer gástrico en Costa Rica.** Revista Biología Tropical; 1983: 31(1): 11-18
16. Sierra Rafaela, Rosero Luis, Antich Daniel, Muñoz Georgia. **Cáncer en Costa Rica: epidemiología descriptiva: mortalidad 1970-1990, incidencia 1984- 1990.** San José, Universidad de Costa Rica; 1995.
17. Marinda Mario J, Moya Madrigal Ligia. **Aspectos epidemiológicos del cáncer gástrico en Costa Rica.** Acta Medica Costarricense; 1997: 20: 207-214.
18. Moya Ligia. **Cáncer del tracto intestinal.** Boletín de la Oficina Panamericana de la Salud; 1974: 301-315.
19. Urbina Azucena, Mora Damer. **Contenido de nitratos en el agua potable y el cáncer gástrico en Costa Rica.** Revista Costarricense de Salud Publica; 1981: año 1, Nº 1: 7-14
20. Villalobos Jorge. **Cancerogenicidad del Pteridium aquilinum y alta incidencia de cáncer gástrico en Costa Rica.** Revista Costarricense de Ciencias Medicas, CCSS; 1985: 131141
21. Rivas Francisco, Hernández Francisco. **Helicobacter pilory: factores de virulencia, patología y diagnóstico.** Revista Biomedica; Vol I, Nº 3; 2000: 187- 205
22. Hernández F, Rivera P. **The First case of Campylobacter (Helicobacter) pilory: in adults from Costa Rica.** Revista Biología Tropical; 1990: 38: 484-482
23. Hernández F, Rivera P, Sigosnán M, Miranda J. **Diagnosis of Helicobacter pilory comparisonof an unease test, histological visualization of curved bacteria on culture.** Rev. Inst. Trop. Med, Sao Paulo; 1990: SA
24. Gutiérrez JM, Delgado JD, Casas M. **Infección por Helicobacter pilory y cáncer gástrico.** Documento (en línea) 2002 (24/09/2002). Disponible en file//A: \cancer.htm.
25. Blosser J. Martin. **Origen bacteriano de la úlcera de estómago.** Documento (en línea) 2002 (24/09/2002). Disponible en file//A: \origen%zobacteriano%20de%la%20ulcera%20de%20est
26. Mora Damer. **Evolución de algunos aspectos epidemiológicos y ecológicos del cáncer gástrico en Costa Rica.** Revista Costarricense de Salud Publica. Año 13. Nº21 (Edición Especial); 2003.